

# Elektronenmikroskopische Untersuchung der Epidermis von *Pomatias elegans*

Jost, Jenny; jostjenn@hu-berlin.de

Rachel, Franziska; franziska.rachel@student.hu-berlin.de

## Abstract

The round-mouthed snail *Pomatias elegans* is a terrestrial gastropod, which belongs to the subclass Prosobranchia and is widely distributed in Europe and in the Black Sea region. This study aims to describe in detail the fine structure of the epidermis on a morphological level using three different microscopical methods (light microscopy, scanning electron microscopy, and transmission electron microscopy). We investigated the proximal part of a tentacle of *P. elegans* to show the single layered epithelium with individual mucus producing goblet cells. The present results highlight that epithelium cells are covered by a microvilli border with a glycocalyx network on top. In addition, our analyses demonstrated the absence of cilia in this epidermal region of *P. elegans* contrary to previous reports in the literature and different from results in other species of prosobranch marine and fresh water snails investigated by colleagues in the same Master's course.

## Einleitung

Gastropoda (Schnecken) gehören zum Stamm der Mollusca (Weichtiere), dem zweitgrößten Tierstamm nach Arthropoda (wikipedia-Schnecken, 2018; Richling & Groh, 2017). Schnecken kommen unter anderem an Land vor (Richling & Groh, 2017). Die meisten von ihnen, so wie *Pomatias elegans* (O.F. Müller 1774) (= *Cyclostoma elegans*) (Mizzaro-Wimmer, et al., 2001), besitzen ein Gehäuse (Richling & Groh, 2017; Mizzaro-Wimmer, et al., 2001).

*P. elegans* (Schöne Landdeckelschnecke, red-mouthed snail, round-mouthed snail (Cole, 2017), Familie Pomatiidae) (Abbildung 1) kommt in Europa und isoliert im Schwarzmeerraum vor (Richling & Groh, 2017). Sie können eine Größe von bis zu 15 mm erreichen und, im Gegensatz zu anderen in Deutschland vorkommenden Schnecken, „schreiten“ sie, aufgrund einer Längsfurche in der Fußsohle (Richling & Groh, 2017; Mizzaro-Wimmer, et al., 2001). Sie sind dunkelbraun gefärbt mit hellen Punkten (Mizzaro-Wimmer, et al., 2001). Des Weiteren besitzen sie am abgeflacht-breiten Kopf zwei kurze und fast schwarze Tentakel (Mizzaro-Wimmer, et al., 2001). Die Epidermis der Tiere (Unterklasse Prosobranchia) ist einschichtig und besteht in der Grundstruktur aus drei Zellarten die in

ihrer Anzahl variieren, so dass das Epithel je nach Lage im Tier etwas anders aussehen kann (Harrison, et al., 1994).



**Abb.1.** Lebende Schöne Landdeckelschnecke (*Pomatias elegans*), die sich in ihr Gehäuse zurückgezogen hat. Das Operculum (der hornige Deckel) ist verschlossen.

Mit der vorliegenden Arbeit wurde die Epidermis der Tentakel dieser Schneckenart untersucht. Hierbei kamen verschiedene optische Verfahren zum Einsatz. Die Struktur der Tentakel-epidermis wurde vor allem mit Hilfe der Elektronenmikroskopie (Raster- und Transmissionselektronenmikroskopie) betrachtet.

### Material & Methoden

Für die folgenden Untersuchungen wurden Gewebeproben (insbesondere der Bereich der Tentakel und vom Fuß) von Exemplaren der Schnecke *P. elegans* (Herkunft: Kroatien) verwendet und für die Elektronenmikroskopie unter Anleitung des vorliegenden Kursprotokolls (Stach & Martin, 2018) vorbereitet. Zunächst wurden die Proben einer chemischen Fixierung unterzogen, um den Erhalt der Morphologie innerhalb des Gewebes ohne optische Veränderung zu gewährleisten. Es erfolgte eine 40-minütige Primärfixierung mit Glutaraldehyd (2,5 % Glutaraldehyd, 2 % Paraformaldehyd mit 0,1 M Phosphatpuffer pH 7,0) bei Raumtemperatur, ein anschließendes 5-minütiges Waschen in der Pufferlösung (pH 6,8), sowie eine Sekundärfixierung mit Osmium (2 % Osmiumtetroxid im Phosphatpuffer pH 6,8, 30 min.) auf Eis. Da Proben für die Elektronenmikroskopie nur wasserfrei verwendet werden können, wurde eine Entwässerung mit einer Alkoholreihe (aufsteigend von 30 % bis 100 % Ethanol, jeweils 10 min.) durchgeführt.

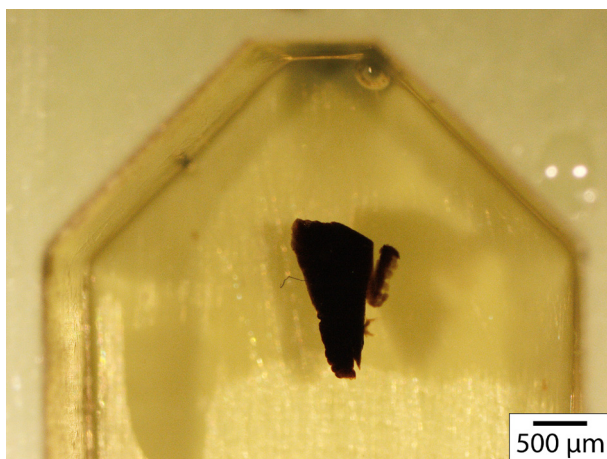
Die Präparate für die Rasterelektronenmikroskopie (REM) wurden einer „Kritisch Punkt“-Trocknung (CPD 030, Bal-tec) unterzogen, wobei der absolute Alkohol im Präparat mit flüssigem CO<sub>2</sub> ausgetauscht wurde und über dem kritischen Punkt (Punkt an dem die Phasengrenze zwischen flüssig zu gasförmig nicht mehr existiert, da die Dichten der beiden Zustandsformen gleich sind) entweicht. Es erfolgte eine Be-

Weitere Schneckenarten wurden innerhalb des Kurses bezüglich der epidermalen Struktur der marinen Schnecke *Steromphala divaricata* (Linnaeus, 1758) sowie der Sumpfdickelschnecke *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) untersucht.

schichtung der REM-Präparate mittels einem „Sputter coater“ (Bal-tec) mit Goldpartikeln (120 s, 30 mA; ca. 30 nm Schichtdicke) welche davor auf einem „stub“ (Objektträger) aufgeklebt wurden. Abschließend konnten diese im Rasterelektronenmikroskop (LEO 1430, Zeiss) untersucht werden.

Die Präparate für das Transmissionselektronenmikroskop (TEM) wurden nach der Entwässerung mit Propylenoxid (2x 10 min.) behandelt und in Epoxidharz (Araldit; Araldite 502 Kit EMS #13900) eingebettet. Dies erfolgte über einen schrittweisen Austausch von Propylenoxid mit Araldit A (23,0 g Araldite CY 212, 22,0 g Dodeceny succinicanhydride) in den Verhältnissen 3:1 (2 h), 2:1 (2 h), 1:1 (2 h), 1:2 (über Nacht), 1:3 (2,5 h) hin zu reinem Araldit A (1x über Nacht, 1x 2h). Anschließend wurde das Araldit A direkt mit reinem Araldit B (23,0 g Araldite CY 212, 22,0 g Dodeceny succinicanhydride, 1,2 g Benzyl dimethylamine) ausgetauscht (2,5 h). Für die Einbettung in Gussförmchen wurde ebenfalls Araldit B verwendet. Die Aushärtung der TEM-Präparate erfolgte bei +60°C im Wärmeschrank über das Wochenende (Abbildung 2).

Die Objektträger „grids“, für die Ultradünnschnitte (TEM), wurden mit einer Trägerfolie (Formvar = Polyvinylformaldehyd) befilmt. Glasmesser für das Trimmen und Herstellen der Schnitte wurden angefertigt (Reichert Knifemaker). Das eingebettete TEM-Präparat wurde mittels Rasierklinge und Glasmesser getrimmt, um eine trapezförmige Anschnittfläche zu erhalten. Die Semidünnschnitt- und Ultradünnschnitte wurden mit einem Ultramikrotom gefertigt (Reichert Ultracut S). Zunächst wurden Semidünnschnitte (1 µm) hergestellt, mit Hilfe einer Platinöse auf einen Objektträger übertragen und mit Toluidinblau (2 %) gefärbt, um diese unter dem Lichtmikroskop zu untersuchen. Die Ultradünnschnitte (60-70 nm) wurden mittels Glasmesser und teilweise mit Hilfe eines Diamantmessers geschnitten und auf die präparierten Grids übertragen. Es erfolgte eine Kontrastierung der Schnittpräparate auf den Grids mit Uranylacetat (4 % Lösung, 20 min.) und Bleicitrat (5 min.). Abschließend wurden die kontrastierten Ultradünnschnitte auf den Grids mit dem TEM (EM900, Zeiss) betrachtet.



**Abb.2.** Für die Elektronenmikroskopie in Epoxidharz eingebettete Tentakelspitze von *Pomatias elegans*.

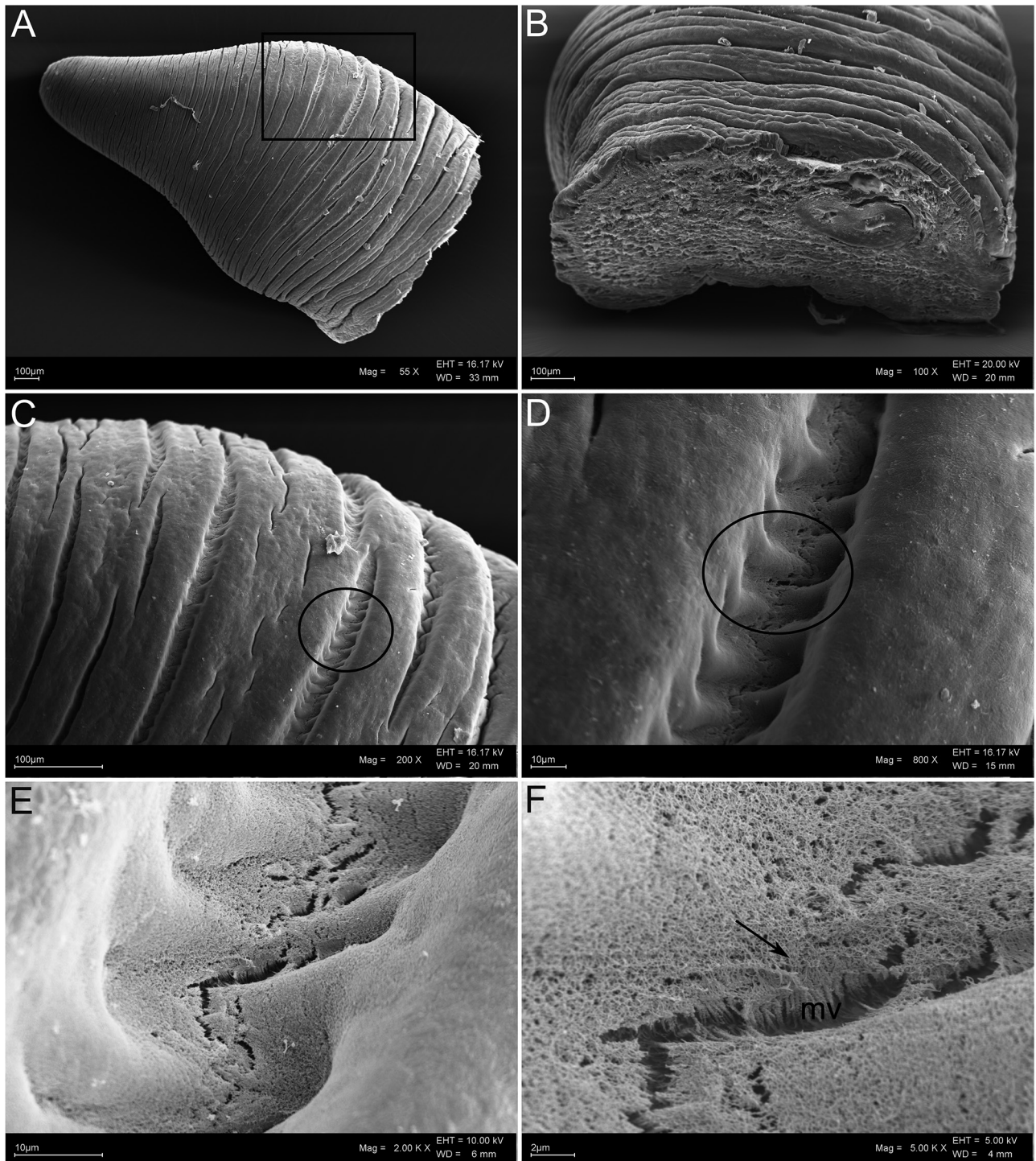


## Ergebnisse

### Rasterelektronenmikroskopie (REM):

Die Gesamtaufnahme der Tentakel zeigt eine spitz zulaufende konische Form (Abbildung 3A), die an ihrer relativ glatten Oberfläche Furchen aufweist, welche mehr oder weniger regelmäßig angeordnet sind (Abb. 3A - C). Diese Furchen verlaufen ringförmig um das gesamte Tentakelgewebe (Abb. 3A) und gehen „reißverschlussartig“ ineinander

über (Abb. 3C und D). In der Mitte dieser Zone sind dunklere, rissähnliche Bereiche zu sehen (Abb. 3D und E), die sich bei näherer Betrachtung (Abb. 3F) als kompakt stehende längliche Strukturen mit unebener Oberfläche herausstellten. Diese Strukturen verzweigen sich fein nach oben und bilden ein Netzwerk. Sie sind am ehesten als Mikrovilli mit einem aufliegenden Netzwerk aus Glykokalyx zu deuten.

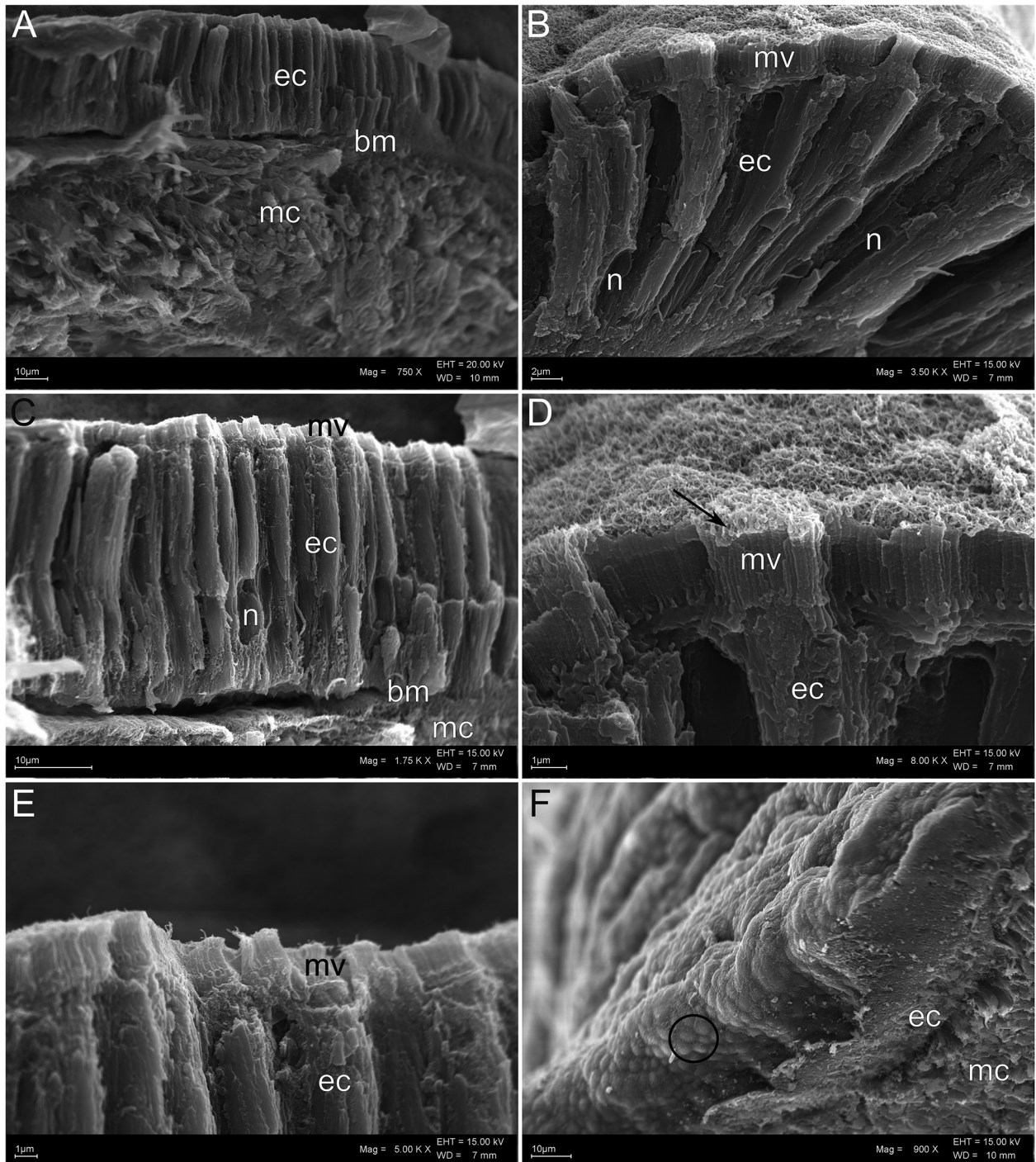


**Abb.3.** Präparat der Tentakel von *P. elegans*. REM. **A** zeigt die Gesamtaufnahme des Untersuchungsobjektes. **B** zeigt die proximale Seite der Tentakel mit einer Einsicht in die inneren Strukturen und **C-F** die schrittweise Vergrößerungen der Oberfläche (Rechteck) der Tentakel. **C** stellt die „reißverschlussförmige“ Einfaltungen (Kreise) der Oberfläche dar. **F** zeigt Mikrovilli (**mv**) mit darüberliegendem Glykokalyx (Pfeil).

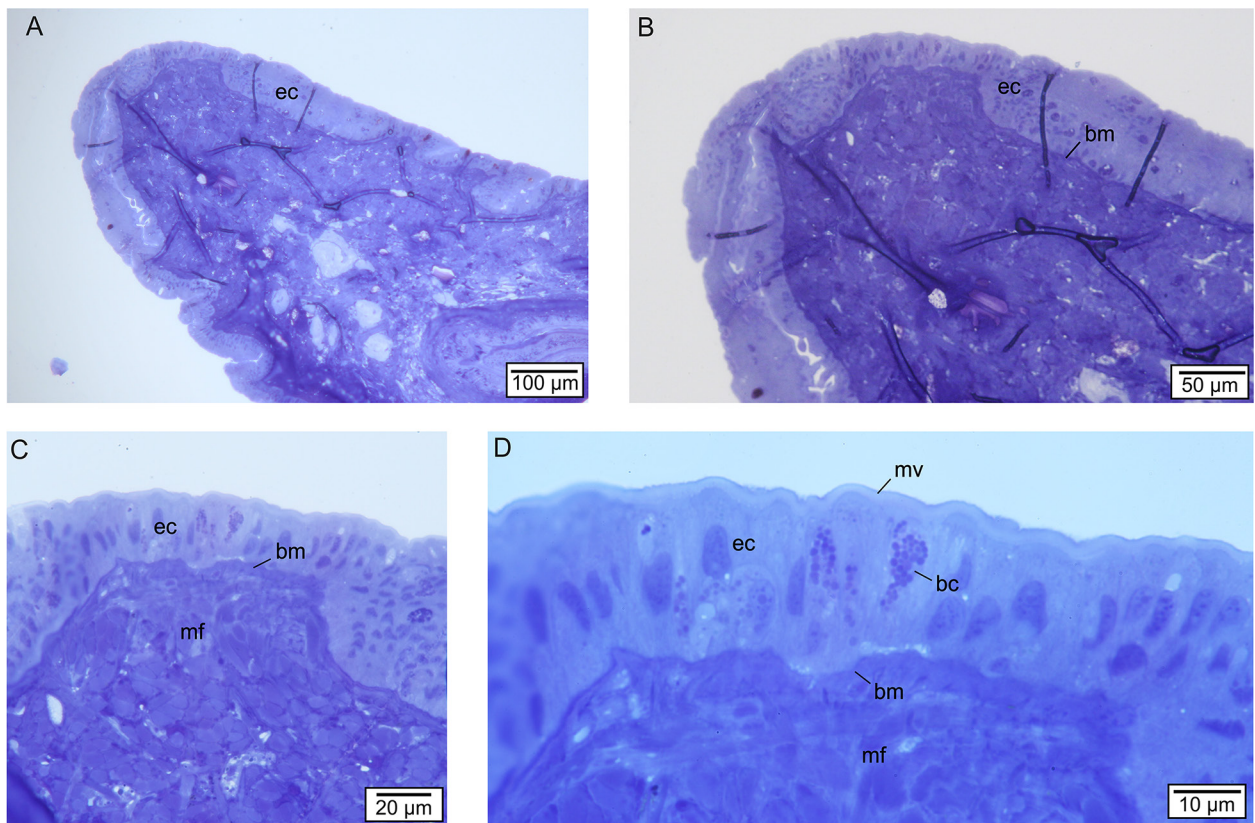


Die Aufnahmen vom Tentakelquerschnitt zeigen einen mehrschichtigen Aufbau (Abb. 3B). Die Epithelzellen stehen pallisadenähnlich parallel nebeneinander (Abb. 4 A und C) mit einer Länge von ca.  $33\ \mu\text{m}$  und einem Durchmesser von ca.  $2\ \mu\text{m}$ . Die Tentakepithelzellen werden basal durch eine flächige und sehr dünne Basalmembran (Abb. 4A und C) von dem darunterliegenden Gewebe getrennt. Dieses basal liegende Gewebe besteht aus dicht

gepackten Fasern, die einen Durchmesser von ca.  $1\ \mu\text{m}$  aufweisen und in unterschiedliche Richtungen (Abb. 4A) verlaufen. Die Epithelzellen zeigen eine deutliche Schichtung (Abb. 4B - E). Im basalen Bereich der Epithelzellen ist ein länglich ovaler Hohlraum von etwa  $8 - 9\ \mu\text{m}$  Länge und ca.  $1\ \mu\text{m}$  Durchmesser zu erkennen (Abb. 4B und C). Hierbei handelt es sich vermutlich um beim Querschnitt verloren gegangene Zellkerne. Im apikalen Bereich der



**Abb.4.** Querschnittsfläche der Tentakel von *P. elegans*. REM. Die abgebildete Epidermis besteht aus dem Epithel (ec) mit Mikrovilli (mv) und aufgelagerter Glykokalyx (Pfeil). Darunter schließt sich eine Muskelschicht (mf) an. Die Aufnahmen A-E zeigen eine zunehmende Vergrößerung der Epidermis. F zeigt die kompakt stehenden Mikrovilli mit der aufgelagerten Glykokalyx und der Kreis zeigt die Erhebungen, welche die Zellgrenzen der Epithelzellen an der Oberfläche widerspiegeln. n Nucleus, bm Basalmembran.



**Abb.5.** Lichtmikroskopische Aufnahmen der Tentakel von *P. elegans*, angefärbt mit Toluidinblau. **A** zeigt eine Gesamtansicht des Semidünnschnittes. **B-D** zeigen weitere Vergrößerungen des Gewebes. Deutlich zu erkennen ist das hell gefärbte Epithel (**ec**). Basal davon befindet sich die dunkler gefärbte Basalmembran (**bm**) und das Geflecht aus Muskelfaserbündeln (**mf**). Nach außen wird das Epithel von einem Mikrovillisaum (**mv**) abgegrenzt. Becherzellen (**bc**) sind vereinzelt im Epithel vorhanden.

Tentakelepithelzellen ist ein dichtstehender Bürstensaum (Abb. 4B - E) zu erkennen, der eine Höhe von ca. 1,5 - 2  $\mu\text{m}$  misst und sich nach außen durch eine kompakte Glykokalyxschicht (Abb. 4D) abgrenzt. Durch die Oberflächenstruktur des Tentakepithels (Abb. 4F) wird die Anordnung der einzelnen pallisadenähnlichen Epithelzellen deutlich.

#### **Lichtmikroskopie:**

Die lichtmikroskopischen Aufnahmen der Semidünnschnitte der Tentakel von *Pomatias elegans* (Abbildung 5) zeigen ebenfalls einen geschichteten Aufbau. Hierbei ist die mit Toluidinblau heller gefärbte Tentakepidermis mit ihren dunkleren Zellkernen, schon bei geringer Vergrößerung (Abb. 5 A und B) deutlich vom darunter liegenden kompakteren Mesenchym abgrenzbar. Das Mesenchym und die Epithelzellschicht sind durch eine dunklere Schicht, die Basalmembran, voneinander getrennt (Abb. 5C und D). Das Mesenchym ist unterschiedlich stark angefärbt und organisiert (Abb. 5A - C). Apikal von den Tentakepithelzellen befindet sich ein weiterer schma-

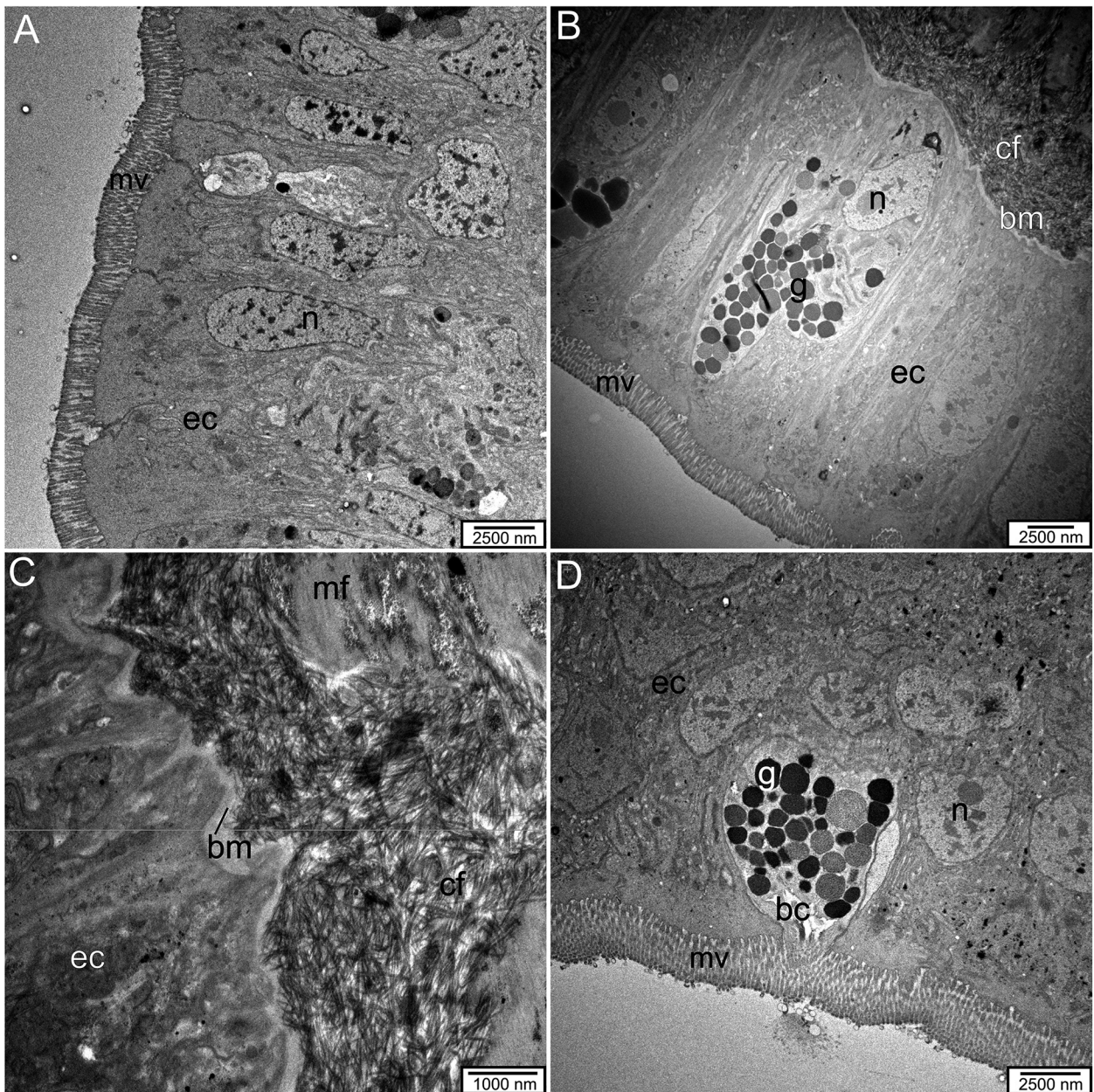
ler, hellerer ca. 1,5  $\mu\text{m}$  breiter Bereich, der Mikrovillisaum (Abb. 5D).

Die pallisadenähnlichen Tentakepithelzellen sind eher länglich (10 - 60  $\mu\text{m}$ ) als breit und jede Zelle hat Kontakt zur darunterliegenden Basalmembran (Abb. 5D). Die Zellkerne der Epithelzellen liegen basal und sind meist langgestreckt (Abb. 5C und D). Innerhalb der Tentakepidermis sind fassförmige Becherzellen, durch ihre etwas andere Anfärbung gut zu erkennen. Sie besitzen zusätzlich im Inneren dunkler angefärbte und zum Teil rötliche und kugelige Granula, welche die gesamte Zelle ausfüllen (Abb. 5D).

#### **Transmissionselektronenmikroskopie (TEM):**

Die Tentakepithelzellen verfügen im apikalen Bereich über einen homogenen dicht stehenden Mikrovillisaum (Abb. 6 - 8). Die Mikrovilli zeigen sich hierbei langgestreckt mit einer Länge von ca. 1,2 bis 2,1  $\mu\text{m}$ . An der apikalen Seite der Mikrovilli des Tentakepithels befindet sich ein etwas dunklerer, feiner Aufsatz, der die Glykokalyxschicht





**Abb.6.** Längsschnitt durch das Epithel der Tentakel von *P. elegans*. TEM. **A**, **B** und **D** geben eine Übersicht über die verschiedenen Abschnitte des einschichtigen Epithels. **B** präsentiert das Epithel (**ec**) im Ganzen von den Mikrovilli (**mv**) bis zur Basalmembran (**bm**). **C** zeigt den basalen Bereich von den Epithelzellen über die Basalmembran bis zur extrazellulären Matrix mit Kollagenfibrillen (**cf**) und Muskelfasern (**mf**). **D** bildet eine Becherzelle (**bc**) detailliert ab. **n** Nucleus, **g** Granula, **cf** Kollagenfibrillen, **mf** Muskelfaserbündel.

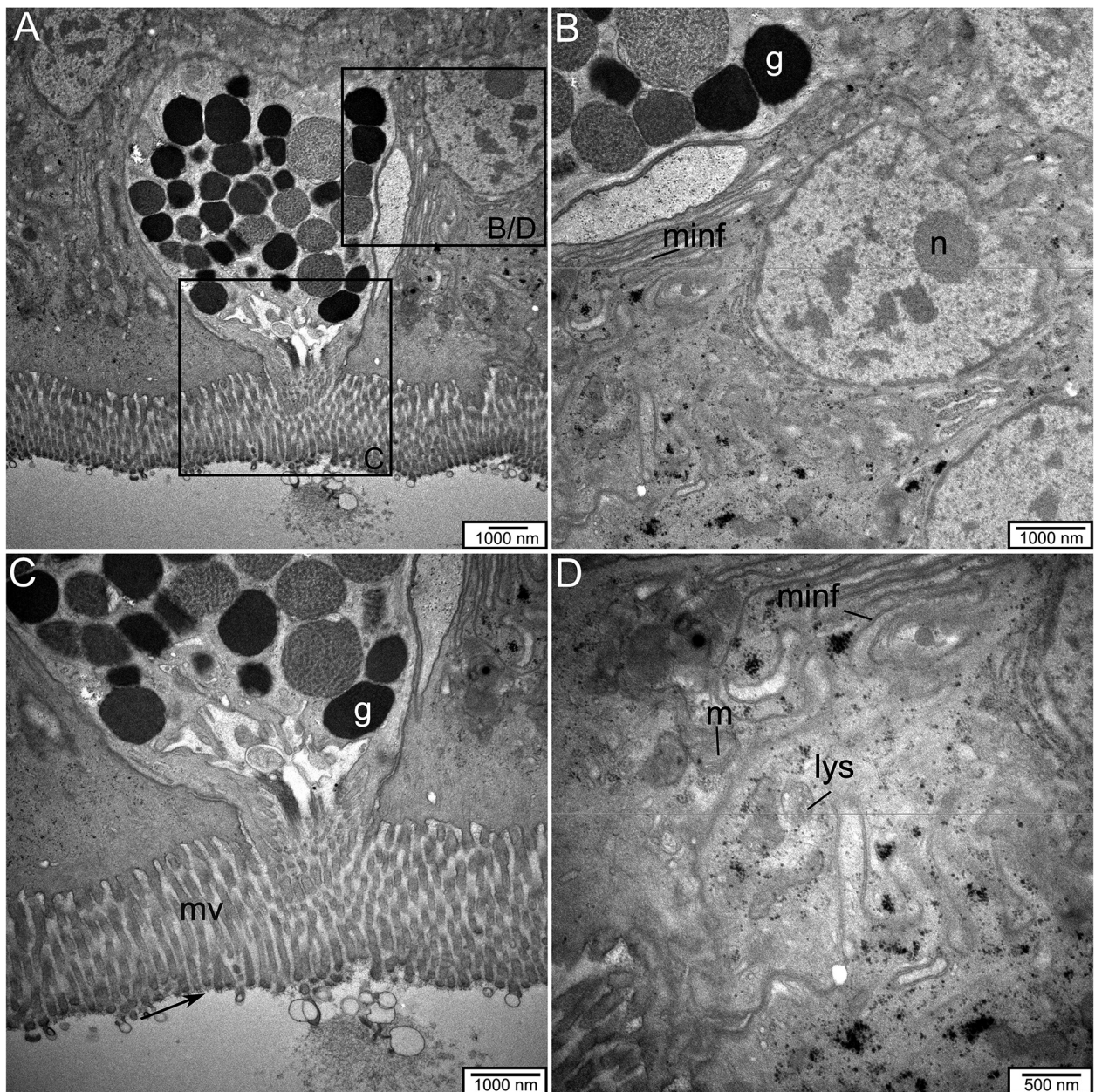
repräsentiert (Pfeil in Abbildung 8C).

Benachbarte Tentakepithelzellen sind lateral eng miteinander verzahnt. Sie sind hierbei einerseits durch komplexe Membraneinfaltungen (Abb. 7B, D), andererseits durch „septate junctions“ miteinander verbunden (Abb. 8C).

Das einschichtige Tentakepithel weist zwei unterschiedliche Zelltypen auf (Abb. 6B), zum einen ca. 25 - 30  $\mu\text{m}$  lange und ca. 5 - 6  $\mu\text{m}$  breite Epithelzellen mit Mikrovillisaum, feiner innerer Struktur und prominenten Kern (Abb. 6A und 7B) und zum anderen fassförmige Be-

cherzellen mit ähnlicher Länge, aber einem breiteren Durchmesser von ca. 5 bis 12  $\mu\text{m}$ . Diese Becherzellen tragen ebenfalls einen Mikrovillisaum (Abb. 6D, 7A, 7C), jedoch sind die Feinstrukturen und der Zellkern aufgrund der Granula nicht immer eindeutig zu sehen (Abb. 6B). Eine Öffnung der Becherzelle ist an der apikalen Seite zu erkennen (Abb. 6D, 7A, 7C), die von einem mehrreihigen, kompakter stehenden Mikrovillisaum umgeben ist (Abb. 7C). Der freigesetzte Inhalt eines Granulum ist außerhalb des Mikrovillisaums zu erkennen (Abb. 7A, C). Die Granula der Becherzellen





**Abb.7.** Längsschnitt durch eine Becherzelle des Epithels von *P. elegans*. TEM. **A** zeigt eine Übersicht einer Becherzelle mit hervorgehobenen rechteckigen Ausschnitten (für B, C und D). **B** bildet einen Zellausschnitt mit sichtbaren Membraneinfaltungen (**minf**) zwischen zwei Epithelzellen ab. In **C** ist der apikale Bereich der Becherzelle zu sehen (Pfeil Glykokalyx, **mv** Mikrovilli). **D** gibt eine Detailansicht der Membraneinfaltung (**minf**) und Zellorganellen, wie Mitochondrien (**m**) und Lysosomen (**lys**), wieder. **n** Nucleus, **g** Granula.

besitzen einen Durchmesser von ca. 0,3 bis 1,5  $\mu\text{m}$  und variieren in ihrer Farbe von grau bis schwarz (Abb. 6B, 6D und 7A-C).

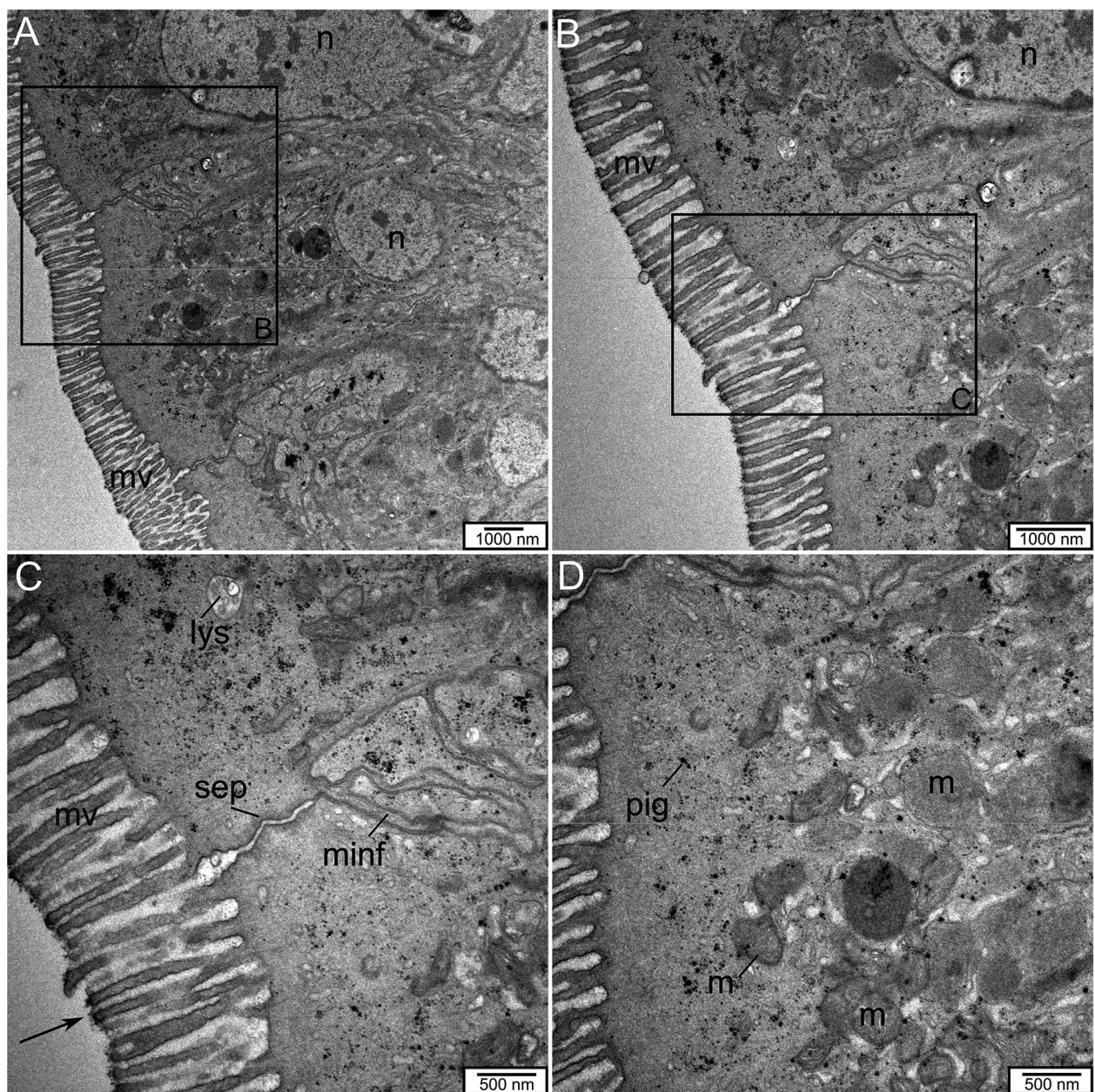
Im basalen Bereich weisen die Epithelzellen eine ca. 0,28  $\mu\text{m}$  schmale, hellere Basalmembran auf, die mit der darunterliegenden extrazellulären Matrix undulierend und zum Teil verzahnt verbunden ist (Abb. 6B und C). Unterhalb der extrazellulären Matrix befindet sich eine ca. 3 - 4  $\mu\text{m}$  breite, feinfaserige Schicht aus Kollagenfibrillen mit dazwischenliegenden Muskelfasern (Abb. 6C). Diese Schicht geht fließend in einen durch Muskulatur dominierten Bereich über (Abb. 6B).

Der Zellkern (Nucleus) liegt meist basal in den Tentakelepithelzellen (Abb. 6A, B). Die Zellkerne (Abb. 6, 7 und 8) weisen eine runde bis längliche Form, in variabler Größe mit hellen und dunklen Bereichen, dem Euchromatin und Heterochromatin, und einem dazu gehörenden Kernkörperchen (Nucleolus; Abb. 7B) mit einem Durchmesser von ca. 0,1  $\mu\text{m}$  auf. Mitochondrien kommen eher im mittleren bis apikalen Bereich der Epithelzellen vor und sind vor allem durch ihre Cristae von anderen Organellen zu unterscheiden (Abb. 7D und 8D). Mehrheitlich erscheinen sie eher rundlich und ihre Größe schwankt von ca. 0,5 - 1  $\mu\text{m}$



(Abb. 8D). Des Weiteren sind im Zytoplasma Lysosomen von ca. 0,5  $\mu\text{m}$  Größe (Abb. 8C) und schwarze, wenige Nanometer große Pigmentgranula vorhanden (Abb. 8D). Diese liegt zum Teil angesammelt in den Epithelzellen

vor (Abb. 8C). Andere Organellen sind in den Tentakelepitheelzellen vorhanden, können aber nicht eindeutig identifiziert werden.



**Abb.8.** Längsschnitt durch Epithelzellen von *P. elegans*. TEM. **A** zeigt eine Epithelzelle mit deutlich erkennbaren Zellabgrenzungen im oberen lateralen Bereich der Zelle (hervorgehobene Rechtecke in **B**, **C** und **D** vergrößert). **C** stellt deutlich die Zellverbindung „septate Junctions“ (**sep**) dar und im Zellausschnitt **D** sind Pigmentgranula (**pig**) und Mitochondrien (**m**) erkennbar. **n** Nucleus, **mv** Mikrovilli, **lys** Lysosomen, **minf** Membraneinfaltungen, Pfeil Glykokalyx.



## Diskussion

Die Schöne Landdeckelschnecke *Pomatias elegans* ist mit ihrer einzigartigen Fortbewegung besonders unter den in Deutschland vorkommenden Schneckenarten. Der Aufbau des Epithels, zeigt den typischen Aufbau der Unterklasse Prosobranchia (Harrison, et al., 1994), wie man in allen drei optischen Verfahren (Lichtmikroskopie, REM, TEM) erkennen kann. Das Epithel weist eine typische Grundstruktur auf, die aus einer einzelnen Zellschicht mit darunterliegender Basalmembran (Harrison, et al., 1994; Pinchuk & Hodgson, 2010) besteht. Die Epithelzellen sind säulenförmig und sie tragen alle Mikrovilli (Harrison, et al., 1994; Schwalbach & Lickfeld, 1962; Wondrak, 1981). Ein Unterschied in der Struktur des Epithels unserer Tentakelspitze zeigt sich jedoch darin, dass entgegen vorangegangenen Beschreibungen der Prosobranchia (Harrison, et al., 1994), keine Zilien am Epithel zu sehen sind. Die Präsenz von Zilien spielt besonders für die sensorische Wahrnehmung eine Rolle (Emery, 1992; Greistorfer, et al., 2017) und sie kommen an der Spitze der Tentakel in sensorischen Zellen an der apikalen Seite vor (Wondrak, 1981).

Auch bei terrestrischen Pulmonaten wurde bereits im Bereiche der Tentakel gezeigt, dass das Epithel eine kompakte Mikrovilli-Grenze ohne Zilien aufweist (Emery, 1992). Daher könnte man darauf schließen, dass an dieser Stelle am Tier (proximaler Teil der Tentakel) keine Zilien vorhanden sind.

Die Abwesenheit der Zilien bei terrestrischen Pulmonaten und Prosobranchia könnte einen Hinweis darauf geben, dass Zilien in der Epidermis der Gastropoda unabhängig voneinander evolviert sind. Besonders in Verbindung mit der Terrestrialisierung, die ebenso mehrmals unabhängig voneinander innerhalb der Gastropoden erreicht wurde (Barker, 2001).

Dennoch können die Grundzellarten (Epidermis-, Zilien- und Sekretionszellen) je nach Lage und Funktion, als auch nach Spezies, variieren (Barker, 2001; Wondrak, 2012; Harrison, et al., 1994). Dies wird ebenso durch eine Studie über *Helix pomatia* (Greistorfer, et al.,

2017) bestätigt, da sich bei dieser Art bereits das Epithel des Fußsegments vom ventralen Bereich (Mikrovilli mit Zilien) zum dorsalen Bereich (Mikrovilli ohne Zilien) unterscheidet. Diese Unterschiede des Epithels könnten darauf zurückgeführt werden, dass unterschiedliche Körperregionen verschiedenen funktionellen Ansprüchen gerecht werden müssen, wie z.B. das Fußsegment mehr bei der Bewegung eine Rolle spielt, als die Tentakel, die in der sensorischen Wahrnehmung wichtiger ist. Die mögliche Variation zwischen den Spezies wird ebenfalls im Vergleich der Kursresultate bezüglich der anderen beiden Schneckenarten untermauert, da jeweils das Epithel der Sumpfdeckelschnecke *V. viviparus* (Kursdaten von S. Körner & M. Gäde) als auch der marinen Schnecke *S. divaricata* (Kursdaten von L. al Jalali & P. Segelitz) deutliche Zilien (im Fußsegment) aufweist.

Das vereinzelte Vorkommen von Becherzellen ist ebenfalls beschrieben worden (Harrison, et al., 1994), welche sich mit unseren Ergebnissen von der Tentakel von *P. elegans* deckt. Wie bereits bei anderen Arten (Wondrak, 1984; Harrison, et al., 1994) und auch bei *P. elegans* (Zaitseva, 1997; Wondrak, 1981) beschrieben, konnten hier keine sensorischen Zellen und Rezeptorzellen im Tentakepithel, in den vorliegenden Schnitten und Oberflächenaufnahmen gesehen werden. Da, wie bereits geschildert, die Schnitte nicht von der Tentakelspitze stammen, wo viele solcher Zellen, die auch Zilien tragen, vorkommen (Wondrak, 1981).

Die Epithelzellen waren untereinander durch starke Membraneinfaltungen verbunden. Dies wurde auch schon bei der Landlungenschnecke *Helix pomatia* L. beobachtet (Schwalbach & Lickfeld, 1962). Diese Einfaltungen könnten für eine höhere Robustheit und Flexibilität sorgen, um den Erhalt des Epithels zu garantieren. Ebenso, wie in dieser Studie abgebildet, wurde die basale Lage des Zellkerns in den Epithelzellen für *H. pomatia* beschrieben (Greistorfer, et al., 2017). Der „junctional complex“ befindet sich in apikaler Richtung



zu den Einfaltungen und zeigt sich somit, in dem für *P. elegans* typischen Aufbau, da sich die Zonula septata unmittelbar neben der Zonula adhaerens befindet (Wondrak, 1981). Dies ist zwar typisch für *P. elegans*, aber es ist nicht einzigartig, da dieser Aufbau auch bei anderen Schnecken, wie *H. pomatia*, gezeigt wurde (Wondrak, 1981).

Die extrazelluläre Matrix von *P. elegans* zeigt ebenfalls den für die Unterklasse der Prosobranchia charakteristischen Aufbau (Harrison, et al., 1994). Bei den Kollagenfibrillen konnte man hier sogar vereinzelt die charakteristische hell-dunkel Streifung wahrnehmen (nicht zu sehen in den Abbildungen). Die Muskulatur kommt bei Schnecken (Prosobranchia) in fast allen Weichteilbereichen vor und ist für die Beweglichkeit und Fortbewegung dieser wichtig und deshalb so stark ausgeprägt (Harrison, et al., 1994).

Für die vorliegende Arbeit wurden drei verschiedene optische Methoden verwendet. Die gleichzeitige Anwendung der drei Mikroskopieformen (Lichtmikroskopie, REM und TEM) zeigen deutlich, dass Informationen durchaus einen ergänzenden Charakter haben und einfach miteinander verknüpft werden können. Dadurch werden die Vorteile der Methoden, wie die strukturellen Zusammenhänge durch die Oberflächendarstellung durch das REM und die Abbildung der detaillierten Zellkomposition durch das TEM, aufgrund

des besseren Auflösungsvermögens gegenüber der Lichtmikroskopie, hervorgehoben (Stach & Martin, 2018). Die Schwierigkeiten der Methoden werden besonders in der umfassenden Präparation der Gewebestücke für das TEM deutlich, die sich vor allem in der Befilmung der Grids aber auch im Schneiden der Ultradünnschnitte mittels Glasmesser (schlussendlich mit einem Diamantmesser durchgeführt) zeigen.

Da in der vorliegenden Arbeit ausschließlich das Epithel im proximalen Bereich der Tentakel untersucht wurde, können nur beschränkte Einblicke beziehungsweise Aussagen zum Aufbau der Epidermis gemacht werden. Dies wird sowohl im Vergleich mit vorangegangener Literatur deutlich, als auch in Betrachtung der Resultate bezüglich verschiedener Schneckenarten innerhalb des Kurses.

Um einen umfassenderen Eindruck der Ultrastruktur von der Epidermis von *P. elegans* zu bekommen müssten weitere Tiere untersucht werden, speziell die Anfertigung von Serienschnitten von unterschiedlichen Bereichen des Epithels wären notwendig. Weitere Arten aus den drei Ökosystemen (Land, Süß- und Salzwasser) sollten ebenso für weitere Vergleiche herangezogen werden.



## Literatur

- Barker, G. M., 2001. The biology of terrestrial molluscs. Hamilton: CABI.
- Cole, T. C. H., 2017. Wörterbuch der Wirbellosen / Dictionary of Invertebrates Latein-Deutsch-Englisch. 1. Auflage ed. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Emery, D. G., 1992. Fine structure of olfactory epithelia of gastropod molluscs. Microscopy research and technique, 22(4), pp. 307-324.
- Greistorfer, S. et al., 2017. Snail mucus – glandular origin and composition in *Helix pomatia*. Zoology (Jena, Germany), Volume 122, pp. 126-138.
- Harrison, W. F. et al., 1994. Microscopic Anatomy of Invertebrates, Mollusca 1. New York: Wiley-Liss.
- Mizzaro-Wimmer, M., Salvini-Plawen, L., Kothbauer, H. & Starmühlner, F., 2001. Praktische Malakologie: Beiträge zur vergleichend-anatomischen Bearbeitung der Mollusken: Caudofoveata bis Gastropoda - „Streptoneura“. 1. Auflage ed. Wien; New York: Springer-Verlag.
- Pinchuk, S. C. & Hodgson, A. N., 2010. The ultrastructure and histology of the perinotal epidermis and defensive glands of two species of *Onchidella* (Gastropoda: Pulmonata). Tissue & cell, 42(2), pp. 105-115.
- Richling, I. & Groh, K., 2017. Die Deutsche Malakozoologische Gesellschaft. [Online] Available at: [http://www.dmg.mollusca.de/images/download/weichtier-des-jahres/weichtier\\_2017\\_schoenelanddeckelschnecke\\_web.pdf](http://www.dmg.mollusca.de/images/download/weichtier-des-jahres/weichtier_2017_schoenelanddeckelschnecke_web.pdf) [Accessed 1. Mai 2018].
- Schwalbach, G. & Lickfeld, K. G., 1962. Die Epidermis-Morphologie der Sinneskalotte von *Helix pomatia* L.. Zeitschrift für Zellforschung und Mikroskopische Anatomie, 58(2), pp. 277-288.
- Stach, T. & Martin, P., 2018. Elektronenmikroskopische Methoden in der Biologie - Skript zum Modul MB-A54. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin.
- wikipedia-Schnecken, 2018. Wikipedia - Die freie Enzyklopädie. [Online] Available at: <https://de.wikipedia.org/wiki/Schnecken> [Accessed 1. Mai 2018].
- Wondrak, G., 1981. Ultrastructure of the Supporting Cells in the Chemoreceptor Areas of the Tentacles of *Pomatias elegans* (Müller) (Mollusca, Prosobranchia) and the Ommatophore of *Helix pomatia* L. (Mollusca, Pulmonata). Journal of Morphology, 167(2), pp. 211-230.
- Wondrak, G., 1984. Ultrastructure of the Sensory Epithelia of Oral Tube, Fungiform Sensory Bodies, and Terminal Knobs of Tentacles of *Ovatella myosotis* Draparnaud (Archaeopulmonata, Gastropoda). Journal of Morphology, 181(3), pp. 333-347.
- Wondrak, G., 2012. Monotypic gland-cell regions on the body surface of two species of *Arion*: ultrastructure and lectin-binding properties. Journal of Molluscan Studies, 78(4), pp. 364-376.
- Zaitseva, O., 1997. Structural organization of receptor elements and organs of the land mollusk *Pomatia elegans* (Prosobranchia). Neuroscience and behavioral physiology, 27(5), pp. 533-540.